

## 전자선 조사가 포장방법에 따른 건미역(*Undaria pinnatifida*)의 미생물학적 안전성 및 품질변화에 미치는 영향

박시우 · 김꽃봉우리<sup>1</sup> · 김민지<sup>1</sup> · 강보경 · 박원민 · 김보람 · 안나경 · 최연욱  
이주은<sup>2</sup> · 김재훈<sup>2</sup> · 변명우<sup>3</sup> · 안동현\*

부경대학교 식품공학과/식품연구소, <sup>1</sup>부경대학교 수산과학연구소, <sup>2</sup>한국원자력연구소 첨단방사선연구소, <sup>3</sup>우송대학교 외식조리영양학부

### Effect of Packaging and Electron Beam Irradiation on the Microbial Safety and Quality of Dried *Undaria pinnatifida*

Si-Woo Bark, Koth-Bong-Woo-Ri Kim<sup>1</sup>, Min-Ji Kim<sup>1</sup>, Bo-Kyeong Kang, Won-Min Pak, Bo-Ram Kim, Na-Kyung Ahn, Yeon Uk Choi, Ju-Woon Lee<sup>2</sup>, Jae-Hun Kim<sup>2</sup>, Myoung-Woo Byun<sup>3</sup> and Dong-Hyun Ahn\*

Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>1</sup>Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 619-911, Korea

<sup>2</sup>Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

<sup>3</sup>Department of Culinary Nutrition, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea

This study determined the effect of packaging and electron beam irradiation on the quality of dried *Undaria pinnatifida*. Samples were air or vacuum packaged and irradiated at 7 kGy. The dried *Undaria pinnatifida* had total viable cells and coliform counts of 5.51 and 4.40 log CFU/g in total, respectively, and counts of 5.56 and 4.19 log CFU/g in surface. These counts were reduced by 2-4 log cycles after irradiation. Irradiation increased the lightness and yellowness of the dried *Undaria pinnatifida*, but not the redness. In the sensory evaluation, there were no significant differences among samples. Therefore, electron beam irradiation improves the microbial safety and quality of dried *Undaria pinnatifida*.

Key words: *Undaria pinnatifida*, Electron beam, Quality, Microbial safety, Coliform bacteria

### 서론

미역(*Undaria pinnatifida*)은 갈조류의 다시마목 미역과에 속하는 해조류로서 칼슘, 칼륨, 철분, 요오드 등의 무기질 성분 및 각종 비타민 등이 풍부하며, 우리나라 전 연안에 분포하며, 연해주, 중국, 일본 등 극동지방 특산의 해조류이다(Choi et al., 2008). 미역에는 생리활성 물질이 많이 함유되어 있으며, 그 중 점질 다당류인 알긴산은 중금속 및 방사능 물질의 체외 배출, 콜레스테롤 저하(Kim and Cheong, 1984), 비만 및 변비 방지 효능(Sato et al., 2002), 혈압 및 당뇨 예방 효과(Suetsuna et al., 2004)가 있다는 보고가 있으며, 또한 fucoidan은 항암, 콜레스테롤 저하, 혈액 응고 저해, 혈압 조절 등의 혈류 개선 작용(Bojakowski et al., 2001, Maeda et al., 2005) 및 지질 대사 개선 효

과(Murata et al., 1999)가 있는 것으로 알려져 있다.

국내의 미역생산량은 연도별 차이는 있으나 연간 약 45만 톤 이상이 생산되고 있는데, 2013년 생산량은 약 47만 톤으로 식용 미역이 약 32만 톤, 전복먹이용이 약 15만 톤이었다. 이 중 수출량이 약 11만 8천 톤으로 금액으로는 259만 달러에 달하는 것으로 나타났다(KMI, 2013). 국내에서 시판되고 있는 미역의 경우 제조형태에 따라 건미역과 염장미역으로 나뉜다. 그 중 건미역의 경우 미역을 일광 건조하여 장기간 보관이 용이하도록 처리한 제품으로 아무런 가공 공정 없이 자연 상태에서 건조하는 경우가 대부분이다(Choi et al., 2008). 이러한 자연 건조 시의 문제점은 미역 표면의 점액물질에 의해 건조속도가 매우 느려 미생물에 오염될 가능성이 매우 높은 것이다. 따라서 자연 건조 후 건미역의 위생적인 안전성을 확보할 수 있는 방법이 절실히

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0489>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(5) 489-494, October 2014

Received 31 July 2014; Revised 18 September 2014; Accepted 23 September 2014

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5831 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: dhahn@pknu.ac.kr

요구되고 있는 실정이다.

식품조사 처리기술이란 감마선, 전자선을 복사의 방식으로 식품에 조사하여 발아억제, 살균, 살충 및 속도조절의 목적으로 이용하는 기술을 말한다(KFDA, 2012). 조사식품은 우리나라를 비롯하여 52개국 250여 종의 식품에 대하여 사용이 허가되어 있으며, 국제적으로 식품 조사 기술의 활용이 점차 늘어나고 있는 추세이다(IAEA, 2008). 국내에서는 감자, 양파, 마늘, 밤, 버섯 등 신선식품을 비롯하여 난분, 곡류, 두류, 건조식육, 건조향신료 등 26개 품목에 대해 0.15-10 kGy의 선량으로 조사가 허가되어 있으며, 국제적으로도 최고 10 kGy까지 조사가 허가되어 있다. 이 중 건조채소류는 허용선량이 7 kGy 이하로 조사하여야 한다고 규정되고 있다(KFDA, 2012). 이러한 식품 조사 처리 기술은 식품의 저장 중 병원성 및 부패성 미생물을 사멸시키는 가장 효율적인 방법으로 알려져 있으며, 그 중 감마선 조사에 의한 식품의 저장성 및 품질 변화에 관한 연구는 활발하게 이루어져 왔으나, 감마선 조사에 이용되는 방사성 동위원소에 대한 소비자들의 불안감 조성으로 인해 감마선 조사의 대안으로서 전기적 에너지로 발생하는 전자선 조사를 이용한 연구가 진행되고 있다(Jung et al., 2009). 전자선은 감마선에 비하여 투과력이 약해 적용 범위가 제한되어 있으나, 식품성분 변화 최소화, 잔류독성이 없으며 제품의 포장 후 살균이 가능하여 2차 오염 방지, 설비비용이 감마선 조사시설보다 저렴하며, 처리시간이 짧고 조사선량의 조절이 용이할 뿐 아니라 방사선 동위원소를 사용하지 않아 훨씬 안전한 방법으로 인식되고 있다(Ko et al., 2005). 이에 국내에서는 전자선 조사에 의한 채소종자 및 식물병원성 미생물에 대한 연구(Bae, 2013), 돈육의 미생물학적 및 관능적 특성 변화 연구(Min et al., 1999), 인삼분말의 살균 효과(Lee et al., 1998) 등 전자선 조사에 의한 식품의 보존성 향상 및 안전성 확보에 관한 다양한 연구가 진행되고 있는 실정이나 포장방법 및 포장두께에 의한 전자선의 효과에 관한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 일반적인 가공공정 없이 제조된 건미역의 위생 안전성을 확보하기 위하여 포장방법 및 포장 두께에 따른 전자선 조사의 미생물 제어 효과를 확인해보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 건미역은 (주)석하(Busan, Korea)에서 제공 받은 것을 사용하였다.

### 포장방법

포장방법에 따른 전자선의 효과를 확인하기 위하여 진공포장지에 건조 미역을 각각 1-10장씩 달리하여 담은 후 합기포장 및 진공포장을 실시하고 버니어캘리퍼스(6 inch digital caliper, Pittsburgh Co., Pennsylvania, USA)를 이용하여 포장된 미역의 두께를 측정하였다.

### 전자선 조사

전자선의 조사는 (주)이비테크(Daejeon, Korea)의 electron beam accelerator을 이용하여 10 MeV, 1 mA 조건에서 conveyor 시스템을 이용하여 흡수선량이 7 kGy가 되도록 전자선 조사하였다.

### 미생물학적 검사

전자선 조사한 미역 2 g을 무균적으로 취하여 10배량의 멸균 PBS (phosphate buffered saline, pH 7.4)를 첨가한 후, 1,000 rpm에서 1분간 호모제나이저(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki Co., Tokyo, Japan)로 균질화한 다음 10배 희석법으로 희석하였다. 생균수의 측정은 PCA (plate count agar, BD Difco, Detroit, USA), 대장균군의 측정은 DLA (desoxycholate lactose agar, BD Difco, Detroit, USA)에 희석액을 분주·도말하여 35℃에서 24시간 배양한 후 생성된 집락의 수를 측정하였다. 곰팡이 측정은 PDA (potato dextrose agar, BD Difco, Detroit, USA)에 희석액을 분주·도말하여 25℃에서 3-5일간 배양하며 생성된 집락의 수를 측정하였다. 미역 표면의 미생물 검사는 멸균 PBS 200 µL를 멸균된 면봉에 흡수시켜 미역 표면(10×10 cm) 닦아준 후 면봉 끝부분을 멸균 PBS 9 mL이 담긴 cap tube에 잘라 넣었으며, 4회 반복하여 총 멸균 PBS 1 mL을 흡수시켜 닦아내었다. 그 후 시료를 180 rpm에서 3시간 shaking한 후 원액 sample로 사용하여 10배 희석법으로 희석하여 미생물 검사를 실시하였다.

### 색도

전자선 조사한 미역을 분쇄하여 3.5 g을 취하여 색차계(JC801, Color Technosystem Co., Tokyo, Japan)로 L\*, a\*, b\* 값으로 색도를 측정하였다. 이때 사용된 표준백판의 값은 L\* = 93.39, a\* = 0.28, b\* = 1.68이었다.

### 관능평가

14명의 panel (식품공학전공 학생, 남 3명, 여 11명, 21-27세)을 선정하여 전자선 조사 미역의 색, 맛 향 및 전체적인 기호도의 4가지 항목을 7점 점수법(7점, 매우 좋다; 6점, 좋다; 5점, 조금 좋다; 4점, 보통이다; 3점, 조금 나쁘다; 2점, 나쁘다; 1점, 아주 나쁘다)으로 평가하였다.

### 통계처리

실험 결과의 통계처리는 SAS program (Statistical analytical system V8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 평균값을 분산분석한 후, Duncan의 다중검정법으로 P<0.05 수준에서 항목들 간의 유의적 차이를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물학적 품질

식품공전에서는 건미역에 대한 미생물 규격 설정은 고려되어 있지 않으며, 전자선 조사는 살균의 목적으로 건조채소류 및 조류식품에 대하여 7 kGy 이하로 조사하도록 규정되어 있다. 합기포장된 건조 미역에 대해 대장균군을 측정된 결과(Table 1), 5.52 log CFU/g으로 높은 오염도를 보였다. 이에 건조 채소류의 조사 선량 한계인 7 kGy까지 조사 후, 대장균군에 대해 살균 효과를 알아보았다. 각 조사선량별 대장균군 측정 결과(Table 1), 7 kGy로 조사 시 대장균군이 검출되지 않음을 확인 하였다. 이 결과를 바탕으로, 포장방법(합기 또는 진공)과 장수(1-10장)를 달리하여 두께를 다르게 한 건조 미역에 7 kGy로 전자선을 조사한 후 미역의 미생물(생균수, 대장균군, 곰팡이수) 오염도 변화를 측정하였다(Table 2-4).

전자선 무처리구의 전체와 미역 표면에서 각각 5.51 및 4.40의 log CFU/g 균이 검출되었으나, 진공포장 7 kGy에서는 7장(두께: 0.99 cm)까지 균이 검출되지 않았다. 합기포장 7 kGy처리구에서는 전체처리구에서 1-10장까지 균이 모두 검출되었으나, 미역 표면의 경우 4장(두께: 0.59 cm)까지는 균이 검출되지 않았다(Table 2). 7 kGy의 전자선을 조사한 건미역의 대장균군 측정 결과(Table 3), 무처리구 전체와 미역 표면에서 각각 5.56 및 4.19 log CFU/g 대장균군이 검출되었다. 진공포장 7 kGy처리구에서는 7장(두께: 0.99 cm)까지 대장균군이 검출되지 않았으며, 합기포장 7 kGy처리구에서는 미역 전체에서 3장(두께: 0.46 cm)까지 균이 검출되지 않았으나, 표면의 경우 1-10장 모두에서 대장균군이 검출되지 않았다.

7 kGy의 전자선을 조사한 건미역의 곰팡이수 측정 결과(Table 4), 무처리구 전체와 표면부위에서 각각 1.70 및 1.30 log CFU/g 곰팡이가 검출되었다. 진공포장 7 kGy처리구에서는 1-10장 모두에서 곰팡이가 검출되지 않았으며, 합기포장 7 kGy처리구에서는 전체 4장(두께: 0.59 cm)까지 곰팡이가 검출되지 않았는데, 미역표면의 경우 1-10장 모두에서 곰팡이가 검출되지 않았다.

Kim et al. (2008)의 연구에 따르면 전자선 5 kGy 조사 시 총균수는 약 1 log cycle 감소하였고, 대장균군과 효모, 곰팡이수도 약 2 log cycle 감소하였다고 보고하여 전자선 조사에 의한 미생물 사멸 효과를 확인하였으며, 본 연구의 결과와 유사한 것을 확인하였다. 또한 Kim et al. (2009)의 미역에 대한 감마선 조

Table 1. Coliform counts of dried *Undaria pinnatifida* treated with electron beam irradiation of air packing

	(Unit: Log CFU/g)	
	Total	Surface
Untreated	5.52	5.41
1 kGy	4.89	4.41
3 kGy	4.31	3.92
5 kGy	2.90	2.63
7 kGy	- <sup>1</sup>	-

<sup>1</sup>Not detected.

사에 따른 미생물검사 결과에서 3 kGy 이상 조사 시 일반 호기성 세균이 검출되지 않았다고 보고하고 있어 본 실험의 결과와 유사하였으나, 감마선 조사와 전자선 조사에 따른 미생물 사멸 효과의 차이가 있는 것으로 보이며 이는 Song et al. (2009) 및 Waje et al. (2009)의 연구에서 바지락 젓갈과 새싹 채소에서 감마선 및 전자선을 조사하여  $D_{10}$  value를 측정된 결과 전자선 조사가 감마선 조사에 비하여 미생물 사멸 효과가 떨어진다고 보고한 결과와 유사한 것으로 나타났다. Louise et al. (1997)의 연구에 따르면 전자선 조사에 의한 미생물 생육 억제 기작은, 전자선 조사에 의하여 미생물 세포내 에너지가 증가함으로써 세포의 항상성 불균형을 초래하여 DNA에 손상을 일으켜 미생물이 사멸한다고 보고한바 있다.

또한, 본 연구의 포장방법 및 장수에 따른 두께 차이에 의한 생균수, 대장균군수 및 곰팡이수의 변화를 확인한 결과, 미역의 합기포장과 진공포장 중 진공포장에 의한 미생물 저감화 효과가 뛰어난 것을 확인하였다. 이는 Lim and Lee (2007)의 연구에서 포장방법을 진공과 합기 포장으로 나누어 전자선 조사한 발효소 시지의 냉장저장 중 미생물의 변화 결과 진공포장에서 합기포장 보다 낮은 총균수를 보였으며, Kang et al. (2004)의 연구에서 포장방법에 따른 양념갈비의 총균수 변화에 대한 감마선의 효과에서 저장 15일차 진공포장에서 합기포장 보다 낮은 총균

Table 2. Viable cell counts of dried *Undaria pinnatifida* after electron beam irradiation at 7 kGy

Sample (thickness <sup>1</sup> )	(Unit : Log CFU/g)		
	Total	Surface	
Untreated	5.51	4.40	
Air packing	1 sheet (0.17)	1.90	- <sup>2</sup>
	2 sheets (0.26)	2.26	-
	3 sheets (0.46)	2.46	-
	4 sheets (0.59)	3.15	-
	5 sheets (1.41)	3.21	2.24
	7 sheets (1.88)	3.67	2.98
	8 sheets (2.22)	3.27	2.15
	9 sheets (2.79)	3.38	2.00
	10 sheets (2.88)	3.15	2.20
	Vacuum packing	1 sheet (0.20)	-
2 sheets (0.42)		-	-
3 sheets (0.57)		-	-
4 sheets (0.68)		-	-
5 sheets (0.88)		-	-
7 sheets (0.99)		-	-
8 sheets (1.11)		1.30	-
9 sheets (1.22)		3.26	-
10 sheets (1.37)		2.33	-

<sup>1</sup>Thickness unit: cm

<sup>2</sup>Not detected.

수를 보였다는 연구들과 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 또한 전자선의 투과력에 따른 효과를 확인하고자 진공과 합기포장의 두께를 측정하여 일정두께에 대한 전자선의 투과 효과를 살펴본 결과, 진공포장의 두께에 따른 생균수와 대장균군의 상태를 보면 7장, 포장의 두께 0.99 cm에서 생균수와 대장균군수 모두 검출되지 않았으나, 8장, 포장의 두께 1.11 cm에서 미역 전체처리구에서 생균수와 대장균군수가 각각 1.30 및 1.30 log CFU/g 검출되는 것으로 나타났다. 미역표면의 경우 생균수는 10장, 포장의 두께 1.37 cm에서 균이 검출되지 않았으며, 대장균군은 9장, 포장의 두께 1.22 cm까지 검출되지 않았다. 위 실험의 생균수 결과는 1-10장 포장을 기준으로 합기포장의 경우 1.90-3.67 log CFU/g, 진공포장의 경우 1.30-3.26 log CFU/g으로 초기부패 값인 5.00 log CFU/g보다 낮은 값을 나타내므로 유통 가능한 포장조건이었다(Chang et al., 2004).

그러나 본 실험에서 문제가 되는 대장균군은 병원성은 없으나, 이 균은 분변오염의 지표로서 검출되면 같은 장내세균과에 속하며 병원성이 있는 *Salmonella*, *Shigella* 등과 같은 균이 존재할 가능성이 있으므로 식품에서는 음성이어야 한다고 규정하고 있다(Kim et al., 2006, Kim et al., 2008).

이와 같이 대장균군이 검출되지 않은 조건을 고려하였을 때, 합기포장의 경우 3장 포장의 두께 0.46 cm, 진공포장의 경우 7

장 포장의 두께 0.99 cm에서 대장균군이 검출되지 않았다. 따라서 전자선 조사시 두께가 0.99 cm이하로 진공 포장할 경우 생균수와 대장균군을 효과적으로 사멸시킬 수 있을 것으로 사료된다. 합기포장에서는 생균수의 경우 모든 처리구에서 균이 검출되었으며, 미역표면의 경우 4장 포장의 두께 0.59 cm에서 균이 검출되지 않았다. 대장균군의 경우 3장 포장의 두께 0.46 cm에서 전체 처리구에서 균이 검출되지 않았으며, 미역표면의 경우에는 10장 포장 두께 2.88 cm까지 검출되지 않았다.

일본원자력백과사전에서는 전자선 조사시 제품내부의 살균 효과는 흡수선량과 상관성이 있으며, 물질에 의하여 내부 산란이 발생하여, 이 경우 전자선이 저에너지화 되어 전자선의 효과가 감소한다고 하였다. 또한, 전자선이 조사되면서 물질내의 단위길이를 통과하면서 에너지를 잃게 되는데 이를 선저지능 효과라고 하였다(RIST, 2014). 그러므로 합기포장시에는 들어가는 공기층에 의하여 내부 산란효과 및 선저지능 효과에 의하여 전자선의 살균효과가 감소되는 것으로 사료된다.

색도

포장방법을 달리한 후 7 kGy의 전자선을 조사한 건미역의 색도를 측정된 결과(Table 5), 명도는 전자선 무처리구와 비교하여 합기포장 및 진공포장구에서 유의적으로 증가한 것을 확인

Table 3. Coliform counts of dried *Undaria pinnatifida* after electron beam irradiation at 7 kGy

		(Unit : Log CFU/g)	
	Sample (thickness <sup>1</sup> )	Total	Surface
	Untreated	5.56	4.19
Air packing	1 sheet (0.17)	<sup>2</sup>	-
	2 sheets (0.26)	-	-
	3 sheets (0.46)	-	-
	4 sheets (0.59)	1.90	-
	5 sheets (1.41)	1.40	-
	7 sheets (1.88)	1.60	-
	8 sheets (2.22)	1.65	-
	9 sheets (2.79)	2.05	-
	10 sheets (2.88)	2.54	-
	Vacuum packing	1 sheet (0.20)	-
2 sheets (0.42)		-	-
3 sheets (0.57)		-	-
4 sheets (0.68)		-	-
5 sheets (0.88)		-	-
7 sheets (0.99)		-	-
8 sheets (1.11)		1.30	-
9 sheets (1.22)		2.99	-
10 sheets (1.37)		2.83	1.30

<sup>1</sup>Thickness unit: cm

<sup>2</sup>Not detected.

Table 4. Molds counts of dried *Undaria pinnatifida* after electron beam irradiation at 7 kGy

		(Unit : Log CFU/g)	
	Sample (thickness <sup>1</sup> )	Total	Surface
	Untreated	1.70	1.30
Air packing	1 sheet (0.17)	<sup>2</sup>	-
	2 sheets (0.26)	-	-
	3 sheets (0.46)	-	-
	4 sheets (0.59)	-	-
	5 sheets (1.41)	1.54	-
	7 sheets (1.88)	1.00	-
	8 sheets (2.22)	1.18	-
	9 sheets (2.79)	1.39	-
	10 sheets (2.88)	1.18	-
	Vacuum packing	1 sheet (0.20)	-
2 sheets (0.42)		-	-
3 sheets (0.57)		-	-
4 sheets (0.68)		-	-
5 sheets (0.88)		-	-
7 sheets (0.99)		-	-
8 sheets (1.11)		-	-
9 sheets (1.22)		-	-
10 sheets (1.37)		-	-

<sup>1</sup>Thickness unit: cm

<sup>2</sup>Not detected.



하였으며, 합기포장과 진공포장 사이에는 진공포장구가 합기포장구 보다 명도가 증가하였다. 적색도는 세 개의 구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 황색도는 전자선 무처리구와 합기포장구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 진공포장구에서 유의적으로 황색도가 증가하였다. Kim et al. (2009)의 감마선 조사한 미역의 색도 측정 결과에서 5 kGy 조사시 명도가 비조사구에 비하여 증가하였으며, 적색도와 황색도는 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 확인하였다. Wei et al. (2014)의 연구에서 일광건조살구에 전자선을 조사시 비조사구와 비교하여 0-5 kGy 조사구간 명도, 적색도, 황색도에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, Gomes et al. (2008)의 브로콜리에 전자선 조사한 연구에서 비조사구와 1-3 kGy 조사구간 명도, 적색도, 황색도가 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하고 있어 전자선 조사에 의한 색도의 차이가 비조사구와 크지 않은 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합하였을 때 합기포장 및 진공포장 7 kGy 조사에 의하여 전자선 무처리구에 비하여 명도가 유의적으로 증가하였으나, 적색도는 유의적 차이를 보이지 않았으며, 황색도는 전자선 무처리구 및 합기포장구 간에 유의적 차이가 없었으며, 진공포장 7 kGy에서 증가하는 것을 확인하였다. 그러나 관능평가와 색과 비교하였을 때(Table 6), 세개의 구 사이에 큰 차이는 보이지 않아 전자선의 조사는 미역 자체의 색에는 큰 변화를 주지 않는 것으로 사료된다.

## 관능평가

7 kGy의 전자선을 조사한 건미역의 관능평가를 실시한 결과(Table 6), 색 항목에서는 전자선 무처리구, 합기포장 및 진공포장구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 진공포장구에서

높은 점수를 받았다. 향 및 맛 항목에서는 세 개의 구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 전자선 무처리구에 비하여 전자선 조사구에서 미역 특유의 비린내 및 비린 맛이 감소한다는 의견이 있었다. 전체적 호감도 항목에서는 세 개구 간에 유의적 차이를 보이지 않았다. Wei et al. (2014)의 연구에서 전자선 조사한 일광건조 살구의 관능평가 결과, 비조사구와 1-5 kGy 조사구 형태, 질감 항목에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 향미 항목에서는 4 kGy 이상 조사시 비조사구에 비하여 유의적으로 감소한다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 확인하였다. 반면, Rivera et al. (2011)의 연구에서 modified atmosphere 포장한 송로버섯의 전자선 조사시 비조사구에 비하여 2.5 kGy 조사시 질감, 향, 향미 외부색 항목에서 유의적으로 감소한다고 보고하였으며, 이는 송로버섯을 modified atmosphere 포장시 사용되어진 기체의 조성차이에 의한 것으로 사료된다. 또한 Han et al. (2004)의 연구에서 배추상추에 0-3.2 kGy 전자선 조사 관능결과 비조사구에 비하여 전자선 조사구에서 색 및 전체적 품질이 감소하였으며, 악취 및 끈적임 정도가 증가하였다고 보고하여 본 실험의 결과와는 상이한 결과를 보였다. 이는 수분이 많은 시료에 전자선 조사한 결과로 건조시료와 생시료간 전자선 조사의 효과가 차이가 있는 것으로 사료된다. 이상의 결과를 종합하였을 때, 7 kGy 전자선 처리가 미역 자체의 비린내와 비린 맛은 감소시키면서 미역의 관능적 품질특성에 큰 영향을 미치지 않으므로 위생적으로 안전성 확보를 위한 효과적인 방법으로 사료된다.

## References

- Ahn SJ, Kim YS and Park KP. 2004. Storage of waste-brown seaweed and degradation of alginate using microorganism. *Envir Sci* 13, 313-318. <http://dx.doi.org/10.5322/JES.2004.13.3.313>.
- Bae YM. 2013. Effect of electron beam irradiation on selected vegetable seeds and plant pathogenic microorganisms. *J Life Sci* 23, 1415-1419. <http://dx.doi.org/10.5352/JLS.2013.23.12.1415>.
- Bojakowski, K, Abramczyk P, Bojakowska M, Zwolinska A, Przybylski J and Gaciong Z. 2001. Fucoidan improves the renal blood flow in the early stage of renal ischemia/reperfusion injury in the rat. *J Physiol Pharmacol* 52, 137-143.
- Chang TE, Moon SY, Lee KW, Park JM, Han JS, Song OJ and Shin IS. 2004. Microflora of manufacturing process and final products of Saengshik. *Korean J Food Sci Technol* 36, 501-506.
- Choi JS, Bae HJ, Kim YC, Park NH, Kim TB, Choi YJ, Choi EY, Park SM and Choi IS. 2008. Nutritional composition and biological activities of the methanol extracts of sea mustard (*Undaria pinnatifida*) in market. *J Life Sci* 18, 387-394.
- Gomes C, Silva PF, Chimbomni E, Kim J, Castell-Perez E and Moreira RG. 2008. Electron-beam irradiation of fresh

Table 5. Color value of dried *Undaria pinnatifida* after electron beam irradiation at 7 kGy

	Lightness	Redness	Yellowness
Untreated	40.72±0.03 <sup>c1</sup>	-4.67±0.00 <sup>NS2</sup>	10.64±0.04 <sup>b</sup>
Air packing	42.35±0.06 <sup>b</sup>	-4.72±0.11	11.22±0.15 <sup>b</sup>
Vacuum packing	44.93±0.08 <sup>a</sup>	-4.87±0.04	12.96±0.16 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Means in the same column bearing different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup>Not significant.

Table 6. Sensory evaluation of dried *Undaria pinnatifida* after electron beam irradiation at 7 kGy

	Color	Aroma	Taste	Overall preference
Untreated	4.23±0.60 <sup>NS1</sup>	4.15±0.69 <sup>NS</sup>	4.17±0.94 <sup>NS</sup>	4.23±0.73 <sup>NS</sup>
Air packing	4.31±0.85	4.31±0.85	4.50±1.17	4.46±1.13
Vacuum packing	4.62±0.87	4.38±0.87	4.33±1.15	4.46±1.05

<sup>1</sup>Not significant.

- broccoli heads(*Brassica oleracea* L. *italica*). LWT-Food Sci Technol 41, 1828-1833. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.02.014>.
- Han J, Gomes-Feitosa CL, Castell-Perez E, Moreira RG and Silva PF. 2004. Quality of packaged romaine lettuce hearts exposed to low-dose electron beam irradiation. LWT-Food Sci Technol 37, 705-715. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2004.02.007>.
- IAEA. 2008. International Atomic Energy Agency. Retrieved from <http://nucleus.iaea.org/NUCLEUS/nucleus/Content/Applications/FICdb/FoodIrradiationclearances.jsp?module=cif> on July 5.
- Jung S, Choe JH, Kim B, Yun H, Kim YJ and Jo C. 2009. Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of *Myungran Jeotgal* treated by electron beam irradiation. Korean J Food Preserv 16, 198-203.
- Kang HJ, Jo C, Lee NY, Kim JO and Byun MY. 2004. Effect of gamma irradiation on microbial growth, electron donating ability, and lipid oxidation of marinated beef rib(Galbi) with different packaging methods. J Korean Soc Food Sci Nutr 33, 888-893.
- KFDA (Korea Food and Drug Administration). 2012. 2012 Food Code. KFDA, Seoul, Korea, 2-1-10, 2-1-11.
- Kim B, Hung S, Choe JH, Liu XD and Jo C. 2008. Microbiological and sensory characteristics of electron beam irradiated squid jeotkal and its ingredients. Jour Agri Sci 35, 155-165.
- Kim HJ, Choi JI, Kim JH, Chun BS, Ahn DH, Kim GH, Byun MW and Lee JW. 2009. Improvements in storage stability of *Undaria pinnatifida* after gamma irradiation. Korean J Food Preserv 16, 590-593.
- Kim HK, Lee HT, Kim JH and Lee SS. 2008. Analysis of microbiological contamination in ready-to-eat foods. J Fd Hyg Safety 23, 285-290.
- Kim KH and Cheong JJ. 1984. Optimum conditions for extracting alginic acid from *Undaria pinnatifida* and amino acid composition of its extraction residue. Korean J Food Sci Technol 16, 336-340.
- Kim SH, Kim JS, Choi JP and Park JH. 2006. Prevalence and frequency of food borne pathogens on unprocessed agricultural and marine products. Korean J Food Sci Technol 38, 594-598.
- KMI. 2013. Korea Maritime Institute. Retrieved from <http://www.foc.re.kr> on november 20.
- Ko JK, Ma YH and Song KB. 2005. Effect of electron beam irradiation of the microbial growth and qualities of chicken breast. J Korean Soc Appl Biol Chem 48, 120-127.
- Lee MK, Lee MH and Kwon JH. 1998. Sterilizing effect of electron beam on ginseng powders. Korean J Food Sci Technol 30, 1362-1366.
- Lim DG and Lee M. 2007. Combination effect of packaging and electron beam irradiation on quality traits of fermented sausages during storage. J Anim Sci Technol 49, 539-548. <http://dx.doi.org/10.5187/JAST.2007.49.4.539>.
- Louise MF, Paul EC and Alistair SG. 1997. The effect of electron beam irradiation, combined with acetic acid, on the survival and recovery of *Escherichia coli* and *Lactobacillus curvatus*. Int J Food Microbiol 35, 259-265. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605\(97\)01251-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605(97)01251-8).
- Maeda, H, Hosokawa M, Sashima T, Funayama K and Miyasahita K. 2005. Fucoxanthin from edible seaweed, shows anti-obesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. Biochem Biophys Res Commun 332, 392-397.
- Min JS, Kim IS and Lee MH. 1999. Effect of electron beam radiation on the microflora and sensory characteristics of pork loin. Korean J Food Sci Technol 31, 746-750.
- Murata, M, K. Ishihara K and Saito H. 1999. Hepatic fatty acid oxidation enzyme activities are stimulated in rats fed the brown seaweed, *Undaria pinnatifida* Wakame. J Nutr 129, 146-151.
- RIST. 2014. Research Organization for Information Science and Technology. Retrieved from <http://www.rist.or.jp/Atomica> atomic power encyclopedia on June 30.
- Rivera CS, Venturini ME, Marco P, Oria R and Blanco D. 2011. Effect of electron-beam irradiation and gamma irradiation treatments on the microbial populations, respiratory activity and sensory characteristics of Tuber melanosporum truffles packaged under modified atmospheres. Food Microbiol 28, 1252-1260. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2010.09.008>.
- Sato, M, Hosokawa T, Yamaguchi T, Nakano T, Muramoto K and Kahara T. 2002. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from wakame (*Undaria pinnatifida*) and their antihypertensive effect in spontaneously hypertensive rats. J Agric Food Chem 50, 6245-6252. <http://dx.doi.org/10.1021/jf020482t>.
- Song HP, Kim B, Yun H, Kim DH, Kim YJ and Jo C. 2009. Inactivation of 3-strain cocktail pathogens inoculated into Bairakjeotkal, salted, seasoned, and fermented short-necked clam(*Tapes pilippinarum*), by gamma and electron beam irradiation. Food Control 20, 508-584.
- Suetsuna, K, Kaekawa K and Chen JR. 2004. Antihypertensive effects of *Undaria pinnatifida* wakame peptide on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. J Nutr Biochem 15, 267-272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2003.11.004>.
- Waje CK, Jum SY, Lee YK, Kim BN, Han DH, Jo C and Kwon JH. 2009. Microbial quality assessment and pathogen inactivation by electron beam and gamma irradiation of commercial seed sprouts. Food Control 20, 200-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.04.005>.
- Wei M, Zhou L, Song H, Yi J, Wu B, Li Y, Zhang L, Che F, Wang Z, Gao M and Li S. 2014. Electron beam irradiation of sun-dried apricots for quality maintenance. Radiat Phys Chem 97, 126-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.11.019>.